

PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)
CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica y Parcela de Investigación

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Agosto 2016 – Enero 2017	MINERA PANAMA S.A.	14/02 /2017

CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO…………………………………………………………..2
1. INTRODUCCIÓN….…………………………………...……..……..………….....4
2. OBJETIVOS………….……………………………………………………..…….......5
3. MATERIALES Y MÉTODO………………….…………..….……………………6
4. RESULTADOS……………..……….……………………………………..…..…..10
5. BIBLIOGRAFÍA……….…………………………………………….……...…….15
6. ANEXOS……………………….………………………………………….….…….......16

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO 1. Sobrevivencia estimada de especies nativas plantadas desde 2015 en la parcela de simulación ecológica.…...13

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Gráfico de curvas de germinación de *Senna reticulata*...………………...…..11

FIGURA 2. Número de individuos de especies nativas en la parcela de simulación registradas durante el segundo monitoreo de 2016 …………....................…………..…..12

FIGURA 3. Sobrevivencia de especies nativas plantadas en la parcela de simulación y registradas desde el 2015 hasta el primer monitoreo 2016 (2006_I) y el segundo monitoreo 2016 (2016_II)……...…………………………………………………………………13

FIGURA 4. Biomasa total acumulada de plantones en la parcela de simulación durante el periodo de crecimiento 2015-2016……………………………………....………………..14

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Pruebas de germinación con especies nativas en el proyecto…………...…..... 16

ANEXO 2. Parcela de simulación ecológica 2.5 ……………………………….……... 17

ANEXO 3. Algunas malezas presentes en la parcela de simulación…………..……..… 18

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, entre otros (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el proceso de restauración de un bosque requiere de esfuerzo y tiempo humano para que el ecosistema vuelva a recuperar su productividad (Ceccon, 2013), ya que en actividades antropogénicas tan severas que conllevan remosión del suelo, no queda rasgos del ecosistema originario.

El establecimiento de parcelas experimentales nos permite desarrollar modelos de restauración para garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo. De igual manera es de gran interés el dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A. tiene como parte de sus compromisos ambientales la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el periodo de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

2.2. Objetivos Específicos

- Establecer parcelas experimentales de restauración.
- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.
- Realizar el mapeo de las especies dentro de las parcelas establecidas para su fácil ubicación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Identificación y Colecta de las especies

Una vez identificadas las especies nativas que se utilizan en el proceso de restauración ecológica se procedió a realizar giras de campo para la recolecta de material genético:

a. Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos y las semillas, de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b. Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior repique. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

3.2. Producción y Manejo en el Vivero

Las semillas o plántulas se llevaron al vivero en donde son manejadas apropiadamente, tanto para la germinación como para la aclimatación. Fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y de esta manera se incrementa la probabilidad de sobrevivencia de cada una de las plantas.

Las plantas se repicaron y permanecieron en áreas de sombra, luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde pasarán el tiempo requerido que le permita completar su aclimatación antes de ir a campo. Las plantas que salgan a campo deben tener entre 10 y 15 cm y con un alto nivel de rusticidad que le permita su sobrevivencia.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), luego de haberlas expuesto al sol, para asegurar que la luz solar llegase a todas las plantas en el sistema de tubetes. Esta operación se realizó a media tarde o en días nublados con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

3.3. Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (porcentaje de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Se preparó una hoja de datos de germinación de semillas para registrar los cambios en las camas de germinación al menos una vez por semana.

Se realizaron dos pruebas de germinación utilizaron semillas de *Senna reticulata*, una especie pionera en el área del proyecto; estas semillas fueron sembradas en tubetes de 40 unidades (Anexo 1). Una prueba consistió en sustrato de arena de río previamente esterilizada con agua caliente al punto de ebullición, para limitar el desarrollo de patógenos, y otra utilizando suelo de bosque con gallinaza. Las semillas fueron sometidas a dos tratamientos pregerminativos para probar cuál tratamiento era más efectivo en cuanto a cantidad y rapidéz de germinación de semillas se refiere. Los tratamientos fueron, *a)* 24 horas en agua a temperatura ambiente y *b)* dos minutos en agua caliente a aproximadamente 70℃. Dichos tratamientos fueron comparados con un control o testigo que consistió en semillas sin aplicación de tratamiento pregerminativo. Estos tratamientos fueron monitoreados durante 11 días.

3.4. Establecimiento de la Parcela de Simulación

El levantamiento de la parcela de simulación (100 x 100 metros) se realizó con ayuda de una brújula, estacones y cinta métrica para formar cada una de las subparcelas, delimitadas por tubos de PVC blanco en los vértices marcados de acuerdo con el sistema cartesiano de coordenadas. Las parcelas están conformadas por cinco fajas de 20 x 100 metros, cada una de las cuales contiene cinco cuadrantes de 20 x 20 metros, los cuales fueron numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo y en cada uno de estos cuadrantes se hicieron 16 subcuadrantes de 5 x 5 metros.

3.5. Descripción de la parcela de simulación

La parcela de simulación se encuentra ubicada dentro del área de concesión del proyecto entre 80̊ 48’58.9” Norte y 80̊ 39’11.2” Oeste. El suelo está compuesto de material de arcilla roja y rocas, con una pendiente de aproximadamente 45 grados (Anexo 2). El sitio cuenta con barreras de contención y canales de desague para evitar la erosión del suelo, de igual manera fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* y en menor proporción *Arachis pintoi* con el mismo propósito. En el año 2014 se realizó una primera plantación con especies nativas de *Inga* sp., *Erythrina* sp., *Ficus* sp., *Clusia* sp. y algunas que otras epecies de las familas de las Lauraceae y Melastomataceae.

La vegetación remanete que rodea a la parcela comprende mayormente especies heliófitas poco duraderas como *Croton billbergianus*, *Trema micrantha*, *Ochroma pyramidale*, *Cecropia* sp., *Isertia haeckeana*, *Isertia laevi*. Otras heliófitas de mayor tamaño y más duraderas son *Ochoterenaea colombiana*, *Trichospermum galeottii*, *Vismia macrophylla* y *Vochysia ferruginea*. Todas estas especies son responsables de la regeneración natural registrada en los monitoreos.

La especies herbáceas y rastreras registradas en la parcela comprenden *Licopodiella cernua*, *Andropogon* sp., *Ischaemum timorense*, *Cyperus luzulae*, *Mimosa pudica*, *Mimosa pigra*, *Ludwigia octovalvis*, *Neurolaena lobata*, *Desmodium uncinatum*, *Chelonanthus alatus*, *Ipomoea* sp., los helechos *Pityrogramma calomelanos* y *Cyathea* sp., entre otras (Anexo 3).

3.6. Siembra en Campo

Para la siembra se utilizó un distanciamiento específico de tres metros, esto, para dejar espacio para especies de crecimiento lento y de sotobosque que serán sembradas una vez las especies de crecimiento rápido estén establecidas.

Los individuos de diferentes especies son distribuidos al azar, de tal manera que queden mezclados plántulas de árboles, arbustos y herbáceas de forma homogénea.

Las aplicaciones de fertilizante NPK 12-24-12 se realizó en el área de rodaja donde se abrió dos o tres huecos alrededor de la base de la plantita a un radio equivalente de 12 cm de copa de cada árbol proyectada. Luego se depositó cuidadosamente el fertilizante en los huecos y se tapó.

Posteriormente se les dio mantenimiento a los plantones donde fue removido el remanente de hierba alrededor de cada plantón con la ayuda de machetes y azadones.

3.7. Mapeo y Monitoreo

El mapeo de la percela de simulación se realizó en el año 2015. Dentro de los sub-cuadrantes de 5 x 5 m se marcaron todas las plántulas sembradas y aquellas de regeneración natural (reclutas). Además, se mapearon todas las plántulas siguiendo una ruta de forma similar a las manecillas de un reloj, a cada plántula se le dio un eje X y Y.

Se registraron los datos del monitoreo en el año 2015, en primer semestre de 2016 (Febrero-Julio), y recientemente, se realizó un tercer monitoreo en diciembre de 2016 hasta enero de 2017. Entre las variables consideradas están la supervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíces, ancho de copa, asi como también la presencia de maleza y alguna otra observación importante.

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo del segundo semestre 2016 fueron reemplazadas por plántulas provenientes del vivero. Ésta cantidad de plantas muertas fue registrada en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende a las tres primeras letras del género y a las tres primeras letras de la especie. Además se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20 x 20 m y el número del subcuadrante 5 x 5 m donde está ubicada dicha planta.

3.9. Base de datos y análisis

La información registrada de crecimiento, germinación, plántulas en el vivero, así como el mapeo y monitoreo de las parcelas de simulación se ingresaron en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de datos nos ayudó a determinar ciertas variables como sobrevivencia de plantones, mortalidad y estimación de la biomasa. Estas variables a su vez nos permitieron seleccionar cuáles especies son más aptas para producir en el vivero y cuáles podemos considerar a futuro; si aplicamos técnicas adicionales para mejorar su desarrollo en el vivero y posteriormente en las parcelas de simulación.

4. RESULTADOS

4.1. Vivero

Desde inicio del programa de restauración, se han producido aproximadamente 70183 plántulas de aproximadamente 83 especies, pertenecientes a 35 familias cuyas plantas fueron colectadas principalmente dentro del bosque y en áreas abiertas.

4.2. Germinación de especies nativas

El procentaje de germinación para las semillas de *Senna reticulata* fue variable en ambas pruebas, tal como se muestra en la Figura 1. La prueba de germinación utilizando sustrato de suelo de bosque con gallinaza marcó un porcentaje mayor de germinación de 53%, en comparación con la prueba utilizando arena esterilizada con agua caliente. Por otro lado, el tratamiento pregerminativo en agua caliente (T2) demostró ser más exitoso para ambas pruebas con respecto al tratamiento de semillas sometidas en remojo con agua a temperatura ambiente (T1); con percentajes de germinación de 61 y 51%, respectivamente.

Por otra parte, se puede observar un periodo de latencia muy corto para esta especie en las dos pruebas de germinación para ambos tratamientos.

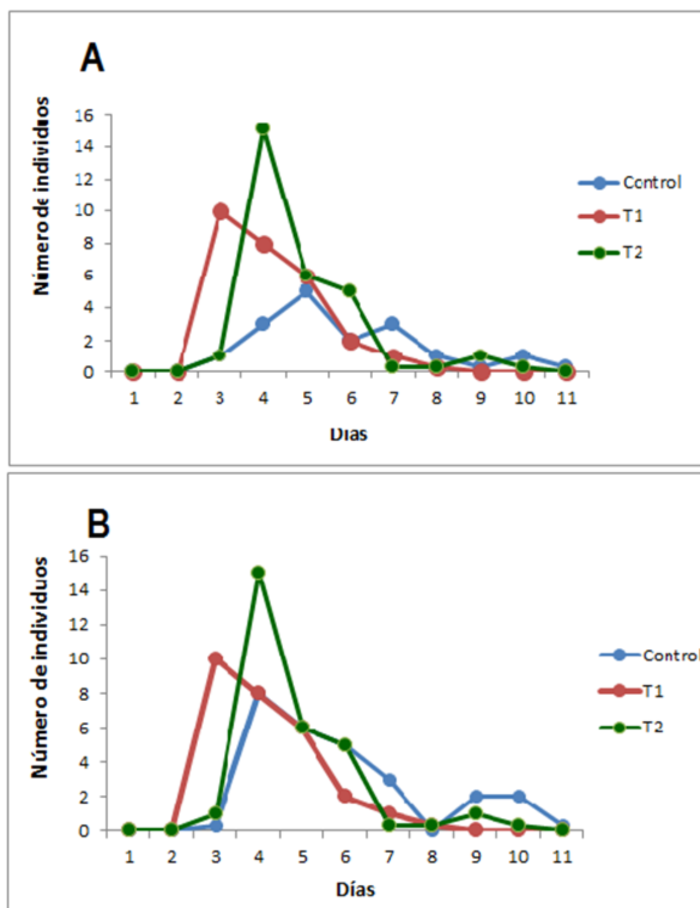


Figura 1. Gráfico de curvas de germinación de *Senna reticulata*. **A.** Sustrato de arena de río esterilizada con agua caliente. **B.** Sustrato de suelo de bosque con gallinaza. **T1**= semillas en remojo por 24 horas en agua a temperatura ambiente; **T2**= semillas sometidas durante dos minutos en agua caliente a aproximadamente 70℃.

4.3. Parcela de simulación

4.3.1. Análisis de sobrevivencia

El número de individuos presentes en la parcela es 2226, repartidos en 25 familias y 53 especies, provenientes de la regeneración natural, plantadas en 2014, plantadas entre 2015 y 2016, representando estas últimas casi el 85% de las especies en la parcela (Figura 2).

Se registró una tasa de mortalidad total del 41% siendo más alta para las especies plantadas en el año 2015, tal como se muestra en la Figura 2. La mortalidad de plantones

refleja las condiciones propias del suelo arcilloso rojo que es característico por contener un pH ácido con cantidades bajas de nutrientes. Otra causa es la presencia de malezas como *Brachiaria decumbens* y *Arachis pintoi*; las cuales tienden a debilitar a los plantones, absorbiendo los nutrientes y el agua del suelo y aumentan la temperatura del área circundante a la planta (Nepstad et al. 1996).

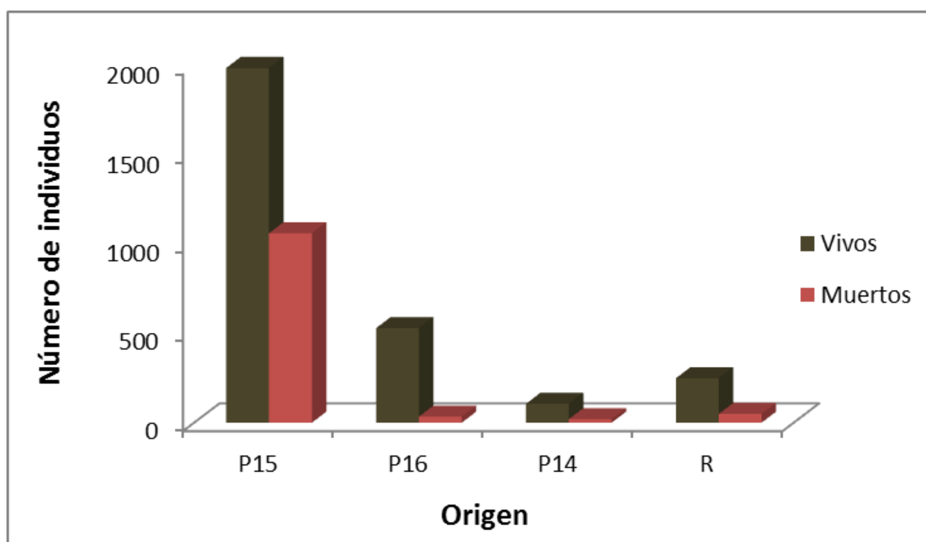


Figura 2. Número de individuos de especies nativas en la parcela de simulación registradas durante el segundo monitoreo de 2016. **Origen:** P14= plantadas en el 2014, P15= plantadas en el 2015, P16= plantadas en el 2016, R= regeneración natural.

Las especies con mayor número de sobrevivencia fueron *Vochishia ferruginea* (VOCFER), *Senna reticulata* (SENRET), *Inga* sp. 1 (INGSP1), *Couma macrocarpa* (COUMAC) y *Terminalia amazonica* (TERAMA), mientras que *Trichospermum galeottii* (TRIGAL), *Apeiba membranacea* (APEMEN) y *Drypetes* sp 1. (DRYSP1), entre otros, tuvieron pocos individuos sobrevivientes para el año 2016 (Cuadro 1 y Figura 3).

Cuadro 1. Sobrevivencia estimada de especies nativas plantadas desde 2015 en la parcela de simulación ecológica

Especie	Sobrevivencia estimada (% S)
Annona montana	27
Apeiba membranacea	19
Cecropia sp.1	24
Cedrela tonduzii	36
Cepedesia spathulata	52
Couratari guianensis	33
Couma macrocarpa	47
Croton bilbergianus	26
Drypete sp.1	22
Inga sp.1	65
Isertia laevis	37
Ochroma pyramidale	49
Podocarpus guatemalensis	36
Senna reticulata	78
Simarouba amara	40
Terminalia amazonica	76
Trichospermun galeottii	8
Vochisia ferruginea	78
Vochisia guatemalensis	33

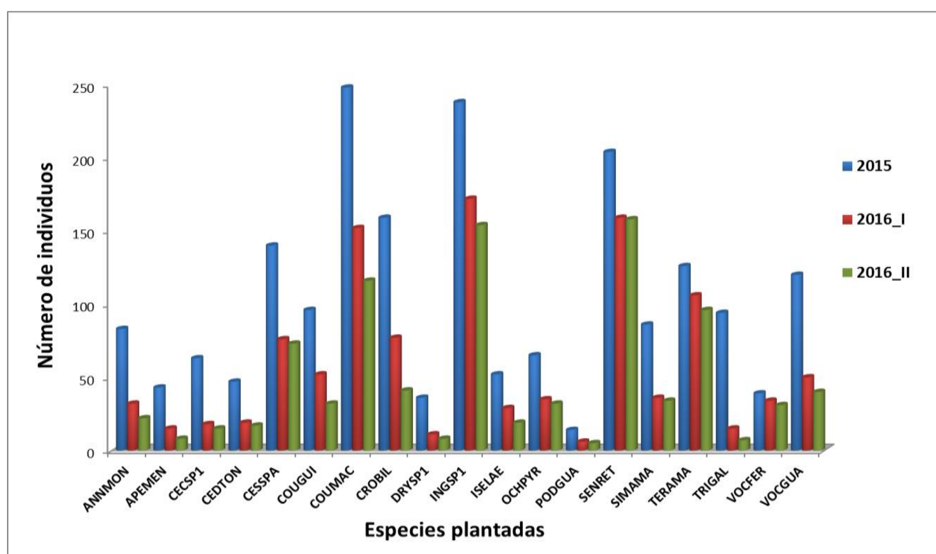


Figura 3. Sobrevivencia de especies nativas plantadas en la parcela de simulación y registradas desde el 2015 hasta el primer monitoreo 2016 (2006_I) y el segundo monitoreo 2016 (2016_II)

4.3.3. Estimación de la biomasa

En la figura 4 se muestra un incremento significativo de más del 90 % de biomasa total acumulada para el segundo monitoreo del año 2016 en la parcela de simulación. El incremento notorio de biomasa puede ser un indicativo del alto contenido de nutrientes adquirido por las plántulas en las etapas tempranas del desarrollo; que son destinados para el crecimiento y la producción de hojas y raíces finas (Guariguta & Ostertag 2002).

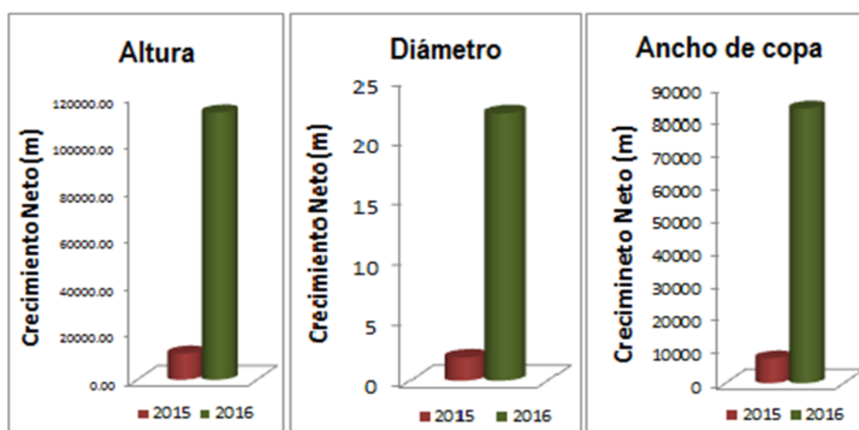


Figura 4. Biomasa total acumulada de plantones en la parcela de simulación durante el periodo de crecimiento 2015-2016

5. BIBLIOGRAFÍA

Ceccon, Eliane 2013. Restauración en Bosques Tropicales: Fundamentos Ecológicos, Prácticos y Sociales. Diaz de Santos, España; 288 pp.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

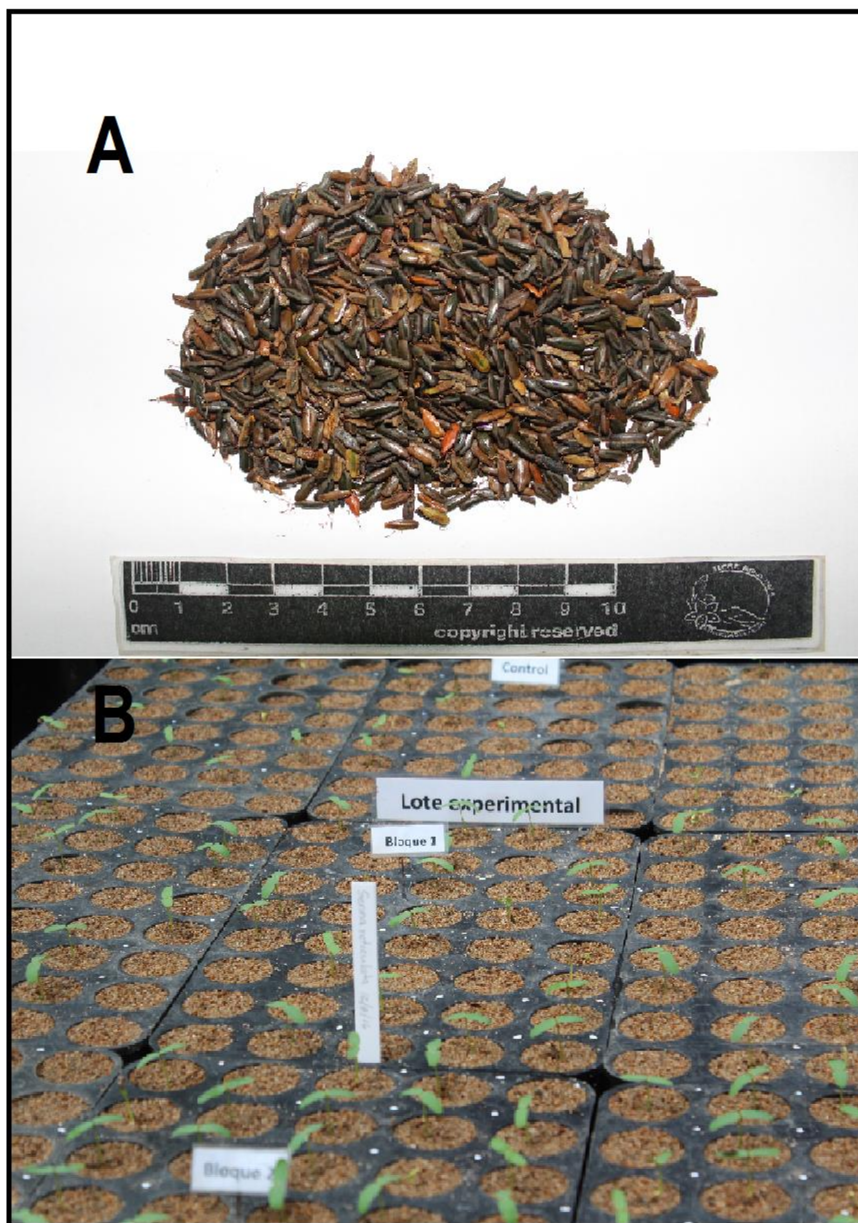
Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Cartago; 691 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

SER 2004. *Principios sobre SER International* sobre la restauración ecológica SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).

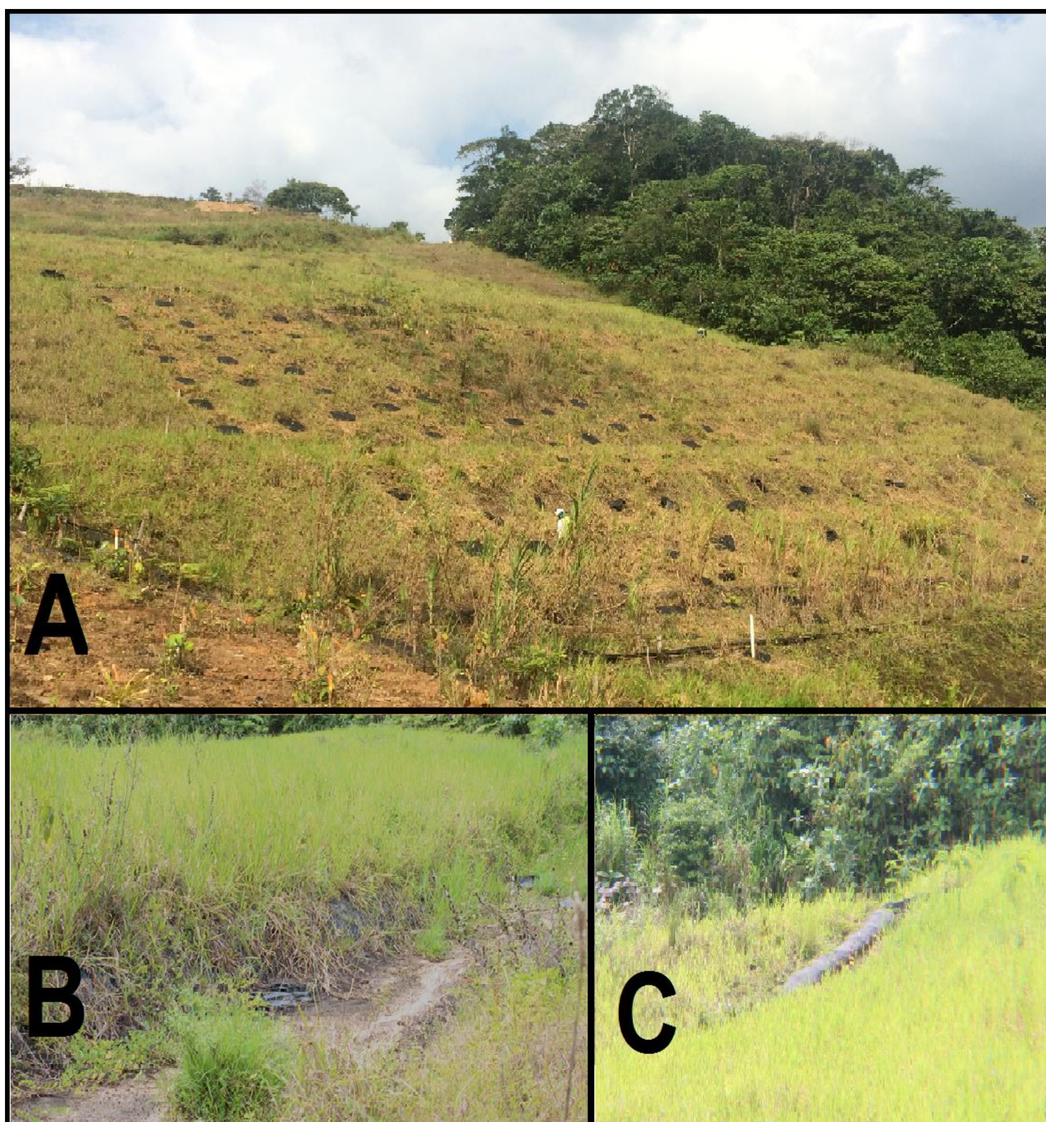
6. ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de germinación con especies nativas en el proyecto



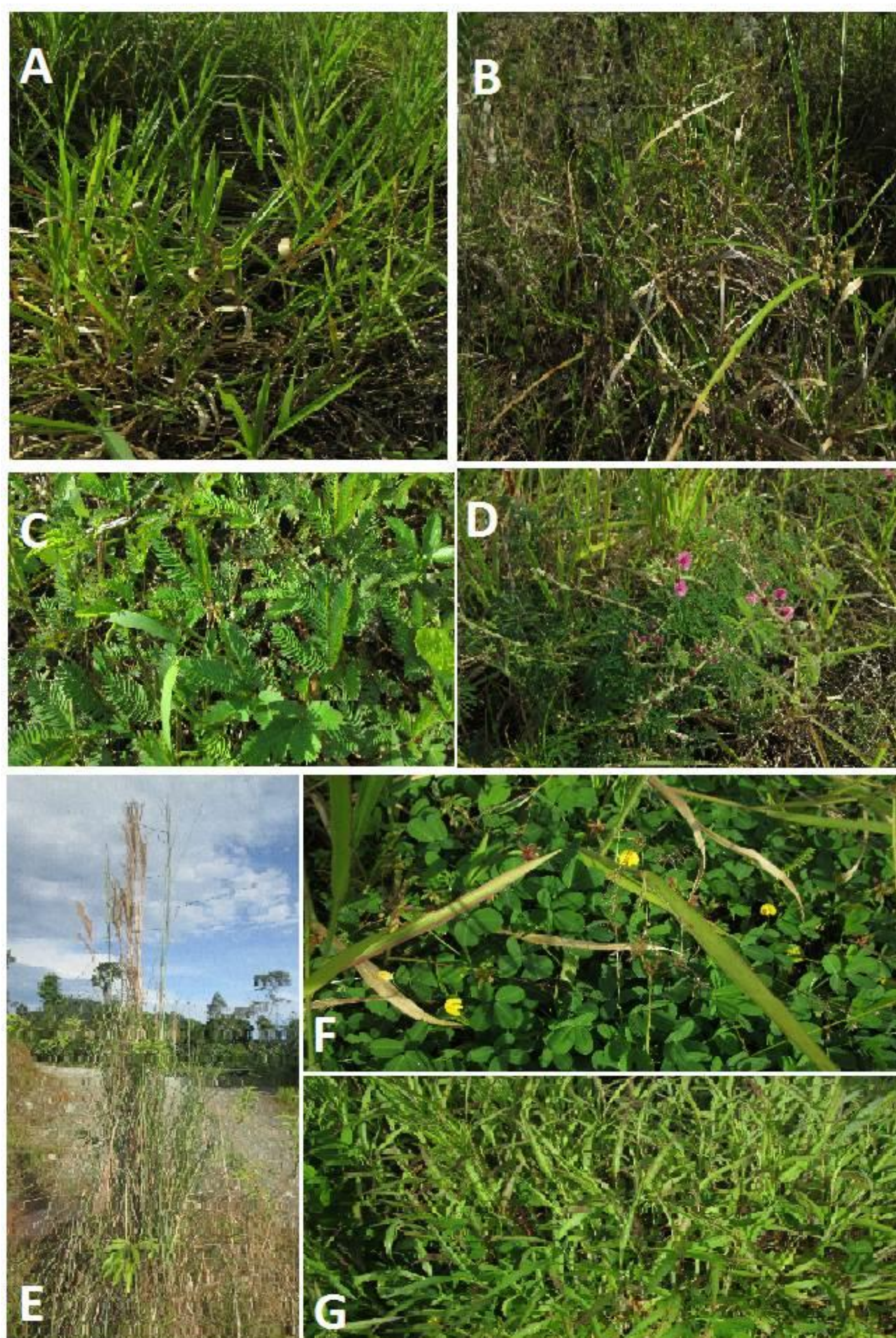
A. Semillas de *Senna reticulata.* **B.** Plántulas de *S. reticulata* germinadas un día después de haber sido sembradas en los tubetes.

Anexo 2. Parcela de simulación ecológica 2.5



A. Relieve de la parcela con una inclinación de aproximadamente 45˚. **B** y **C.** Barreras de contención para evitar la eroción del suelo.

Anexo 3. Algunas malezas presentes en la parcela de simulación



A. *Brachiaria decumbens*, **B.** *Cyperus luzulae*, **C.** *Mimosa pudica*, **D.** *Mimosa pigra*, **E.** *Andropogon* sp., **F.** *Arachis pinctoi*, **G.** *Ischaemum timorense.*